云 南 植 物 研 究　1995; **17** (2): 169—174
Acta Botanica Yunnanica

海甘蓝的初步研究*

王幼平　罗　鹏　李旭峰

(四川大学生物系，成都 610064)

摘要　首次报道了海甘蓝 *Crambe abyssinica* 在我国的引种栽培情况，并对海甘蓝体细胞染色体 (2n = 90) 进行计数。经过 2 年的选育，海甘蓝去壳种子的含油量为 44.47%；芥酸含量高达 62.50%，比国外报道的结果提高了 2.5%—7.5%；未去壳种子的硫甙含量为 71.51—82.21 μmol／g。理论产量 1485—5250kg／hm^2 (99—350kg／亩)。研究结果表明：在我国海甘蓝有希望成为一种新型的高芥酸工业用油料作物。

关键词　海甘蓝，农学性状，种子成分，细胞学观察

PRELIMINERY STUDY ON CRAMBE ABYSSINICA

WANG You-Ping, LUO Peng, LI Xu-Feng

(*Dept. of Biology, Sichuan Uviversity,* Chengdu 610064)

Abstract　The present paper first reports the experimental results of *Crambe abyssinica* introduced from USA and cultivated in China and its somatic chromosome number (2n = 90). After two year selection, it has been found that the oil content of its dehulled seeds in 44.47%, about 62.37%—62.50% of which is erucic acid and is 2.5%—7.5% higher than previously reported ones. The content of glucosinolates is 71.51—82.21. μmol／g. The theoretical yield attains 1485—5250 kg／hm^2. Therefore, *Crambe abyssinica* shows itself a promising oil crop which can be used in industry in China.

Key words　*Crambe abyssinica,* Agronomic characteristics, Seed composition, Cytological observation

海甘蓝 (*Crambe abyssinica* Hochst. ex R. E. Fries) 属于十字花科，两节荠属 (*Crambe*)，原产于地中海地区。它是从上千种植物中筛选出来的含高荠酸的植物[1]。高芥酸油具有广泛的工业用途，可直接用于铸钢润滑、机械润滑、橡胶添加剂、生产塑料以及新型尼龙产品；也可进一步变成各种用途的衍生物，如山嵛酸胺能防止藻类附结于舰艇上，芥酸经臭氧分解所得的壬酸可用于喷气飞机引擎的润滑等。目前，美国和加拿大以及几个欧洲国家已开始较大面积栽培。海甘蓝油受到工业界广泛的欢迎，它的化学成分虽然和一般菜籽油接近，但其芥酸含量要比工业用菜籽油多 8%—9%，且性质十分稳定。我们于 1992 年开始从美国引种栽培，并对海甘蓝的细胞学和农学性状进行了观察，对其种子成分进行了分析，本文结合海甘蓝的分类位置对该种质资源的初步研究作一报道。

---

*本课题为高校博士点专项基金资助

1994-07-25 收稿，1994-09-10 修回

1. 分类位置及特征

海甘蓝隶于十字花科（Cruciferae），芸苔族（Brassiceae），两节荠属（*Crambe*），该属约30种（我国仅有 *C. kotschyana*1种，产新疆、西藏），主要分布于地中海、西伯利亚、中亚等地区。该属分3个组[2]：1）*Sarcocrambe* DC., 为多年生草本，主要分布于欧亚；2）*Leptocrambe* DC.,为一年生或二年生草本，主要分布于地中海地区和非洲的北部；3）*Dendrocrambe* DC., 为灌木或半灌木，分布于非洲的马德拉岛和大西洋的加那利群岛。而被人们所接受的高芥酸油料植物主要是指 *C. abyssinica* 即海甘蓝和 *C. hispanica*[3]，它们皆属于 *Leptocrambe* 组。二者主要区别表现在：海甘蓝基生叶为卵圆形，果皮黄褐色，叶光滑，n=45；而 *C. hispanica* 基生叶为心形，果皮黑色，叶面被短柔毛，n=30[4]。而目前所有栽培品种均是从 *C. abyssinica* 中选育出来的。

海甘蓝（*C. abyssinica*）为一年生直立草本，高0.6—1.3 m。茎下部有毛，上部光滑，下部叶柄长2—5.5 cm，光滑或被短柔毛。基生叶卵圆形，叶大，叶片光滑或有毛。花白色，多数，小，萼片长2 mm，花瓣长2.5—3.5 mm，雄蕊长2—3.5 mm，花药长0.75 mm。果实圆球形，短角果，单生，直径3 mm，呈黄褐色。

2. 海甘蓝的细胞学研究

（1）材料和方法　花粉母细胞用3∶1酒精-冰醋酸固定液固定海甘蓝幼蕾24 h，然后移入70%酒精于冰箱中保存备用。用醋酸洋红染色压片法制片。

体细胞用0.002mol／L的8-羟基喹啉溶液预处理海甘蓝种子萌发的根尖4 h，水洗后放在95%酒精-冰醋酸固定液中固定4 h以上，再用1mol／L盐酸在60℃恒温下水解10 min，用改良苯酚品红染色，常规压片。

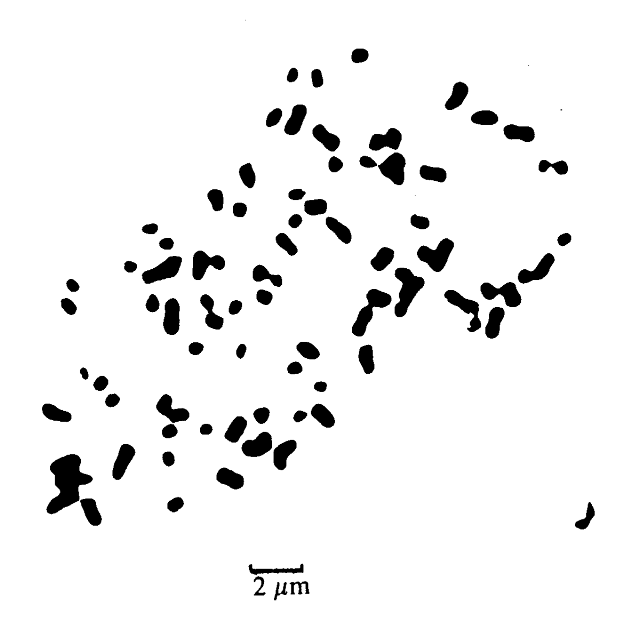


图1　海甘蓝体细胞染色体（2n=90）

Fig. 1　Chromosome numbers of somatic cell of *C. abyssinica*

（2）实验结果　本文对海甘蓝花粉母细胞的染色体进行了计数，观察了20个细胞，n=45；和White[5]报道的结果一致。本文观察了海甘蓝的体细胞染色体有丝分裂中期分裂相。90条染色体可分为

两群，其中 42 条染色体较长，长度 0.9—1.8 μm，48 条染色体较短，长度为 0.4—0.7 μm（图 1）。目前 *Crambe* 属已有 25 种 4 变种进行了计数，其染色体基数 x = 15[6]，该基数可能是通过非整倍体（aneuploid）形成的，有待进一步证实。Dowey[3] 认为海甘蓝通过育种改良很困难，主要原因是其染色体的数目多，倍数水平会掩盖其变异。

3. 海甘蓝的种子成分分析

(1) 材料和方法　海甘蓝（*Crambe abyssinic*）种子是由美国农业部提供。在成都引种 2 年后进行单株选育。

表 1　海甘蓝种子成分分析结果

Talbe 1　The analkysis results of *C. abyssinica* seed composition

成　分	未去壳种子	去壳种子
含油量 (%)	34.48	44.47
蛋白质 (N × 6.25) (%)	24.2	31.2
粗纤维 (%)	9.59	2.78
硫甙 (μ mol / g)	71.51—82.21	116.09

脂肪酸组成（气相色谱甲酯化法）：进样口及检测器温度 280℃ 柱温 195℃；N_2：45 mL / min；检测器：FID；柱子：5%DEGS，0.3Φ × 2m 不锈钢柱；担体：102 白色担体。

硫甙（气相色谱内标法）：进样口及检测器温度 260℃，柱温：初始温度 180℃，保持 1 min，后按 2℃ / min 升至 193℃，保持 8 min；N_2：50mL / min；检测器：FID；柱子：3%SE-30，0.3Φ × 1m 玻璃填充柱；担体：Chromosorb W AW DMCS 80—100 目。

含油量（索氏抽提法），粗纤维（酸碱法），粗蛋白（凯氏定氮法）。

(2) 分析结果　有关海甘蓝的种子成分分析结果很多[7—9]，彼此之间因产地等因素略有不同。本文所得结果是在成都地区经过 2 年选育后测出的（表 1）。

从表 1 可看出海甘蓝具有较高的含油量和蛋白质含量，且具有较低的纤维含量。去壳的种子通常含 44.74%的油，其中主要成分即为芥酸 62.37%—62.50%（表 2），比国外报道的结果提高了 2.5%—7.5%。未去壳种子硫甙的含量为 71.51—82.21 μmol / g，去壳种子硫甙为 116.09 μmol / g（表 1）。海甘蓝脱脂去壳的饼粕中蛋白质高达 48.8%[10]，因此海甘蓝脱脂的饼粕是丰富的植物蛋白源。但海甘蓝去脂饼粕中硫甙含量较高（未去壳为 105—164 μmol / g），其主要成分为 2-羟基-3-丁烯基葡糖硫甙[11]。如果这种物质作为饮料用，在芥子酶（myrosinase）或水解酶作用下，可以分解出 恶唑烷硫酮、异硫氰酸盐和腈等有毒物质，对单胃动物有害。目前美国仪器和药品管理部门（FDA）已批准其饼粕用于反刍动物，如用作肉牛的蛋白补充成分，但不超过 4.2%[12]。

表 2　海甘蓝种子脂肪酸组成(%)

Table 2　Fatty acid composition of *C. abyssinica* seed (%)

株系	C16 : 0	C18 : 1	C18 : 2	C18 : 3	C20 : 1	C22 : 1
B-1	2.18	16.49	9.34	4.80	4.69	62.50
N-1	2.14	16.69	9.23	4.64	4.94	62.37

4. 海甘蓝的农学性状观察

(1) 海甘蓝的开花授粉习性　Beck[13] 通过有毛和无毛这对性状（有毛为显性，P；无毛为隐性，p），对它的异交率进行了估计。他把无毛的海甘蓝 *C. abyssinica* 和有毛的 *C. hispanica* 栽培在一起，分

别相距 50.8, 76.2 和 101.6 cm，研究结果表明海甘蓝的异交率为 0.5%—7.0%，平均为 2.7%，因此可以认为海甘蓝的授粉方式主要是自花授粉。

在成都地区，海甘蓝多数花朵的开花情况如下：海甘蓝的花序是长圆锥花序，全株花序从上到下的第 3 或第 4 个一次分枝最先开花，然后由上往下次第开放。海甘蓝在成都地区和油菜同期播种的情况下，从播种到开花约 160 天，花期 26—38 天（表 3），其中盛花期约 15 天。海甘蓝花朵的开放情况为：多数花朵从下午到傍晚，顶部现白，次日清晨花瓣呈松散状，并逐渐伸长，中午半张开，到下午花瓣对开呈十字形，散出花粉，约 5 天后萎缩，花瓣逐一脱落。

表 3 海甘蓝物候期观察 (月／日)

Table 3 Observation of phenophage of *C. abyssinica* (month／d)

株系	栽培期	出苗期	移栽期	五叶期	现蕾期	抽苔期	初花期	盛花期	终花期	成熟期	收获期	生育日数
M-1	10／8	10／18	10／30	11／11	1／20	2／1	3／5	3／30	4／13	5／1	5／10	212
N-1	9／28	10／8	10／29	11／4	12／15	12／20	3／1	3／16	4／4	5／1	5／12	224
M-1*	6／3	6／10	6／25	7／2	7／10	7／15	7／18	7／25	8／11	9／3	9／13	100

* 昆明地区夏繁

(2) 海甘蓝的农业性状 海甘蓝具良好的农学性状，具体表现在以下几个方面：

1）适应性广。目前，美国和加拿大以及几个欧洲国家已开始大面积栽培。在美国大部分地区都适于栽种，在北部各州它属于夏熟作物（4 月上旬播种），在南方各州它是冬熟作物（7 月中旬播种），在伊利诺斯和印第安那则一年两熟。现在仅美国甘蓝半商半性地种植已有 20000 英亩，从北达科他州到得克萨斯，加利福尼亚州到康涅狄格州均有种植。美国的帕杜大学对它的野生种质资源进行了广泛的收集，从中选育出 3 个优良品种"Prophe-，"Indy"和 Meyer"[14]。1985 年 USDA-ARS 通过种质渗入，把来自土耳其原始群落中的 *C. abyssinica* 转入"Indy"品种，分别选育出"BelAnn"，"BelEnzian"和 C-22，C-37，C-39 等栽培品种[15]。分别在成熟期，种子大小、产量、含油量、抗病性等方面进行初步的遗传改良。我国目前为止还未见海甘蓝的引种栽培报道，我们自 1992 年以来，在四川和云南两地进行多点试种，多数地区都能正常生长。

表 4 海甘蓝的农艺性状观察

Table 4 Observation of agronomic characteristic of *C. abyssinica*

株系	生育期			农艺性状								
	播种期(月／日)	成熟期(月／日)	生育期数	株高(cm)	一次有效分枝部位(cm)	一次有效分枝数	主花序有效角果数	主花序有效长度(cm)	结果密度	全株粒数	千粒重(g)	单株产量(g)
A-1	10／5	5／12	214	100	12	19	18	13	1.7	1281	6.5	8.3
B-1	9／28	5／12	224	110	8	24	15	10	1.7	4274	5.5	23.8
N-1	9／28	5／10	222	112	9.3	22	19	12	1.6	4010	5.9	23.7
M-1	10／5	5／9	212	108	17	20	21	14	1.8	2141	5.8	12.6

注：①一有效分枝数是指主茎上具有一个以上有效角果的第一次分枝的数目，及花序有效角果数是指主花序上具有饱满或略欠饱满种子的角果数[10]。②栽培密度为 18 万株／公顷，理论产量：1485—5250kg／hm^2

2）丰产潜力大。海甘蓝带壳种子的千粒重高达 7.0—7.5g。在成都地区变化幅度为 5.9±0.7g，去壳种子千粒重 4.0g，单株产量为 8.3—23.8g。种子外面有一层外壳，不同地区外壳所占比例有所不同，成都地区所得结果占 21%—29%，生长于加拿大的种子外壳约占整个种子的 14%—20%[16]，生长于美国的占 25%—40%[11]。这层外壳不易去除，同时对整个种子的含油量以及蛋白质含量均有很大影响，种

子的纤维含量也有所上升（表 1）。1994 年对 4 个株系（每株系 20 株）分别进行了考种，考种结果列于表 4）。

同时对 3 个小区分别进行考种，所得结果为 1080，2700 和 3000kg／hm²。因此和国外所报道的正常产量为 1800—2690kg／hm² 相当[8]，个别株系有待进一步选育。

3）生育期较短，抗病性较好。在成都地区海甘蓝从播种到种子成熟为 212—224 天，多数在 3 月上旬开花，花期 26—38 天，要比油菜提前 1 周成熟，这和国外报道的 83—105 天成熟相差很大；但在昆明地区夏繁时海甘蓝的生育期为 100 天，生长良好。目前我们正在进行多点试种和分批播种试验。海甘蓝是一种喜冷的作物，在最低度为 -4℃ 条件下都可正常生长，但对霜冻较为敏感；在现蕾阶段如遇高温，海甘蓝将受到芽虫的侵害，所以 2 年来在成都春播未获成功。Francois 等[17]用不同盐度的土壤来栽培现有的海甘蓝品种，发现在土壤盐度高达 7.3dSm⁻¹（分西每米）的情况下，植株生长正常，芥酸也没有明显的变化。海甘蓝对菌核病、黑胫病较为敏感。

5. 结语

高芥酸油在工业上有广泛的用途，海甘蓝作为一种新型的高芥酸油料作物，其芥酸含量高达 55%—62.5%，去壳种子的含油量为 44.47%，同时种子有较高含量的蛋白质（31.2%），因此是一种丰富的植物蛋白源。此外，海甘蓝适应性广，丰产潜力大，生育期较短，抗病性较好。但海甘蓝的种子外有一层外壳，其硫甙的含量较高（71.51—82.21 μmol／g）。因此，目前摆在植物育种学家的首要问题就是如何降低种子外壳的比率及硫甙的水平。另一方面，由于该种质资源缺乏重要的遗传变异，如何把海甘蓝的高芥酸特性转移到油菜中去，也是有待解决的课题。

致谢　本文中气相色谱由四川农科院中心实验室测定。

参 考 文 献

〔1〕Princen L H. New oilseed crops on the Horizon *Economic Botany*, 1983, **37**(4): 478—492.

〔2〕Schulz O E. Cruciferous-brassiceae. In:Engler, Das Pflanzenreich. 1959, 228—243.

〔3〕Dowey R K. Agricultural and genetic potentials of cruciferous oilssed crops. *JAOCS*, 1971, **48**:718—722.

〔4〕White G A. Distinguishing characteristics of Crambe abyssinica and C. hispanica. *Crop Sci*, 1975, **15**: 91—92.

〔5〕White G A, Higgins J J. Culture of Crambe: A new industrial oilseed crop. *ARS USDA Production Res Rep*, 1966, **95**:18.

〔6〕White G A, Solt M. Chromosome numbers in Crambe, Crambella and Hemicrambe. *Crop Sci*, 1978, **18**: 160—161.

〔7〕Kirk L D, Mustadas G C, Griffin E I. Crambe seed processing, improved feed meal by ammoniation, *JAOCS*, 1966, **43**: 550—555.

〔8〕Johannes H B, John R M. Utilization potential of Crambe abyssinica. *JAOCS*, 1963, **40**: 1—5.

〔9〕Mustakas G C, Kopas G, Robinson N. Prepress-solvent extraction of Crambe: First commercial trail run of new oilseed. *JAOCS*, 1965, **42**:550—554.

〔10〕刘后利主编. 油菜的遗传和育种. 上海：上海科学技术出版社，1985. 172—190.

〔11〕Earle F R, Peters J E, Wolff I A. Compositional differences among Crambe samples and between seed components. *JAOCS*, 1965, **43**: 330—336.

〔12〕Linda C, Konstant D A. What's new in oilseeds? check out Crambe! *Agricultural Research*, 1991, **39**(3): 16.

〔13〕Beck L C, Lessman K J, Buker B J. Inheritance of pubescence and its use in outcrossing measurements between a Crambe hispanica type and C. abyssinica. *Crop Sci*, 1975, **15**: 221—224.

〔14〕 Leppik E E, White G A. Preliminary assessment of Crambe germplasm resources. *Euphytica,* 1975, **24:** 681—689.

〔15〕 Campbell T A, Crock J, William J H *et al.* Rgistration of BelAnn and Belenzian Crambe. *Crop Sci,* 1986, **26:** 1082—1083, 1088—1089.

〔16〕 McGregory W G, Plessers A G, Craig B M. Species trials with oil plants. I Crambe. *Can J Plant Sci.,* 1961, **41**:716—719.

〔17〕 Francois L E, Kleiman R. Salinity effects on vegetative growth, seed yield and fatty acid composition of Crambe. *Agron J,* 1990, **82:** 1110—1114.